

Analisis Peubah Iklim dan Tanah Sebagai Faktor Penentu Mutu Internal Jeruk Keprok Tawangmangu

Analysis of Climate and Soil Variables as Determinant Factors for Internal Quality of Tawangmangu Citrus

Y. APRIYANA¹, HARYONO², DAN SUCIANTINI¹

ABSTRAK

Jeruk keprok (*Citrus nobilis* L.) yang ditanam di Tawangmangu merupakan salah satu komoditas hortikultura yang mempunyai keunggulan dalam rasa. Hal tersebut tidak terlepas dari faktor biofisik seperti iklim dan tanah, karenanya perlu diteliti dan diidentifikasi faktor biofisik yang mempengaruhi mutu jeruk keprok Tawangmangu sehingga dapat diperoleh informasi yang komprehensif mengenai karakteristik jeruk tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk: (1) memperoleh informasi peubah tanah dan iklim Jeruk Keprok Tawangmangu, dan (2) mendapatkan karakteristik mutu jeruk keprok Tawangmangu secara spasial dan temporal. Penelitian dilaksanakan dalam bentuk *desk study*, kegiatan lapangan dan analisis laboratorium. Peubah iklim dan tanah ditentukan dengan melakukan identifikasi komoditas, karakterisasi biofisik dan budidaya, observasi peubah iklim dan tanah, serta memformulasikan peubah iklim dan tanah pada setiap fase tanaman. Untuk menentukan mutu hasil jeruk dilakukan analisis laboratorium dan uji organoleptik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Jeruk Tawangmangu yang ditanam pada ketinggian lebih dari 1.000 m dpl pada Tanah Acrudoxin Hapludands dengan curah hujan rata-rata sebesar 3.166 mm tahun⁻¹ mempunyai kualitas internal yang lebih baik dibandingkan dengan Jeruk Tawangmangu yang ditanam pada ketinggian kurang dari 1.000 m dpl pada tanah Typic Dystrudepts dengan curah hujan rata-rata sebesar 2.715 mm tahun⁻¹. Jeruk Tawangmangu dengan kualitas yang baik menghendaki suhu sekitar 19°C pada saat pembungaan, serta suhu yang lebih tinggi dan stabil sekitar 22-23°C dan radiasi sekitar 400 kal cm⁻² saat memasuki fase pembentukan buah sampai dengan pematangan buah. Pada ketinggian lebih dari 1.000 m dpl total padatan terlarut dan angka asam nyata dipengaruhi oleh sebagian unsur makro seperti N, P, K dan unsur mikro seperti Fe, B, dan Cu, serta beberapa unsur mineral pasir seperti Opak, Gelas Vulkanis, dan Labradorit. Pada ketinggian kurang dari 1.000 m di atas permukaan laut (dpl) total padatan terlarut nyata dipengaruhi oleh KTK, Al, bahan organik, dan unsur mikro serta mineral Opak, Gelas Vulkanis, dan Labradorit. Untuk angka asam nyata dipengaruhi oleh unsur-unsur makro. Sedangkan kandungan gula nyata dipengaruhi oleh ketersediaan Hornblende, Augit dan Hiperstin. Dengan demikian Jeruk Tawangmangu lebih cocok bila dibudidayakan pada tanah Typic Dystrudepts dengan ketinggian lebih dari 1.000 m dpl.

Kata Kunci : Peubah biofisik, Jeruk keprok Tawangmangu, Mutu

ABSTRACT

In Tawangmangu, citrus (*Citrus nobilis* L.) has a specific taste which may be affected by biophysical characteristics such as soil and climate. Yet, the nature of this citrus in relation with

biophysical characteristics is rarely studied. The present study was aimed to (1) identify variables of soil and climate that affect the quality of citrus, and (2) characterize the quality of citrus spatially and temporally. The study was conducted covering desk study, field survey and laboratory analysis. Climate and soil parameters were ascertained by identifying citrus and its production, characterizing the farmer practices, observing selected climate and soil parameters, and formulating the selected climate and soil parameters in every stage of citrus growth. The quality of citrus product was ascertained through laboratory and organoleptic analysis. The results showed that citrus has better internal quality under the topography of more than 1,000 m above sea level (asl) and the average rainfall of 3,166 mm year⁻¹, on Acrudoxin Hapludands soils compared with that growing in area of lower than 1,000 m asl and the average rainfall of 2,715 mm year⁻¹ on Typic Dystrudepts soils. Citrus of Tawangmangu with good quality of yield needs low temperature about 19°C and radiation about 320 kal cm⁻² in flowering season while high and stable temperature of 22-23°C and radiation about 400 kal cm⁻² are needed during maturing period until fruiting period. Total Dissolved Solid and acid values significantly affected by most of macro nutrient i.e. N, P, K and micro nutrient i.e. Fe, B, and Cu, and also sand mineral i.e. opaque, volcanic glass and labradorit under the topography of more than 1,000 m asl. Meanwhile in area of lower than 1,000 m asl, total soluble solid significantly affected by CEC, Al, organic matter, micro nutrient and also Opaque, Volcanic Glass and Labradorit. Acid value significantly affected by macro nutrient. Sweets content significantly affected by Hornblende, Augit, and Hiperstin. Therefore, citrus of Tawangmangu can be more adaptable if planted in Typic Dystrudepts on area of more than 1,000 m asl.

Keywords : Variable of biophysics, Commodity in specific location, Quality

PENDAHULUAN

Komoditas unggulan pada sentra-sentra produksi buah di Provinsi Jawa Tengah seperti jeruk keprok Tawangmangu mempunyai nilai kompetitif dan komparatif mutu yang lebih tinggi dibandingkan dengan komoditas serupa yang ditanam pada daerah-daerah lain. Komoditas tersebut mempunyai

1. Peneliti pada Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi, Bogor.
2. Peneliti pada Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Bogor.

karakteristik spesifik terutama rasa dan aromanya yang tidak dimiliki oleh komoditas lainnya. Karakteristik suatu komoditas tidak terlepas dari berbagai faktor lingkungan yang mempengaruhinya. Faktor yang sangat dominan adalah tanah dan iklim. Menurut Mowat (1992) pengetahuan tentang tanaman, iklim, dan tanah sangat diperlukan karena ketiga faktor tersebut dapat mempengaruhi karakteristik mutu hasil.

Sifat fisik, morfologi dan kimia tanah yang beragam dapat menentukan ketersediaan air dan unsur hara tanaman sehingga dapat berperan terhadap proses pertumbuhan tanaman, kuantitas maupun kualitas hasil. Unsur-unsur iklim utama yang mempengaruhi kualitas hasil adalah intensitas cahaya, temperatur dan ketersediaan air, karena beberapa unsur iklim tersebut sangat berpengaruh terhadap proses metabolisme tanaman (Bonea *et al.*, 1999) sehingga pada akhirnya dapat mempengaruhi hasil dan kualitas tanaman (Døving *et al.*, 2004).

Menurut Lee dan Kader (2000) perubahan temperatur udara sangat berperan terhadap aktivasi energi maupun inaktivasi enzim. Temperatur yang terlalu tinggi akan meningkatkan penggunaan energi hasil fotosintesis, sehingga hasil netto yang disimpan sebagai cadangan makanan pada berbagai organ tanaman menurun. Sebagai contoh temperatur yang tinggi mengurangi kandungan vitamin C pada anggur dan kekeringan menurunkan kandungan vitamin C pada brokoli (Salunke and Desai, 1998; Weston and Barth, 1997).

Intensitas cahaya yang tinggi meningkatkan vitamin C, B1 dan kandungan beta karotin pada sayuran dan buah-buahan (Knorr and Vogtmann, 1983). Lebih jauh Lee dan Kader (2000), menjelaskan bahwa intensitas cahaya sepanjang fase pematangan pada buah akan berpengaruh terhadap pewarnaan, kelebihan cahaya di atas panjang gelombang yang digunakan untuk proses fotosintesis dan temperatur yang rendah akan menurunkan ketegasan warna dan meningkatkan jumlah kerusakan apel.

Unsur iklim lain yang sangat penting adalah curah hujan. Jumlah curah hujan dan distribusinya sangat beragam dan sangat menentukan ketersediaan air bagi tanaman. Neraca perimbangan curah hujan dan evapotranspirasi potensial yang sering disebut sebagai neraca air sangat menentukan ketersediaan air untuk tanaman. Keragaman kuantitas dan mutu hasil sangat ditentukan pula oleh pasokan air karena air berfungsi sebagai penyelenggara berbagai proses dan fungsi organ tanaman seperti dalam pembentukan dan pengisi sel organ, pengatur turgiditas sel, pelarut bahan padat maupun gas dalam bentuk senyawa kimia organik, zat reaktan serta pengendali suhu organ tanaman (Lee and Kader, 2000).

Parameter kualitas antara lain adalah rasa, kenampakan, ketegasan warna, tekstur, kandungan nutrisi, maupun konsentrasi larutan yang terkandung di dalamnya (Bordeala *et al.*, 2002). Ditambahkan pula bahwa kualitas sangat ditentukan oleh orientasi produk maupun preferensi konsumen yang berhubungan langsung dengan kepuasan konsumen dan kriteria yang didasarkan pada keinginan dan kesukaan seseorang (Abbot, 1999). Untuk menentukan kualitas tersebut digunakan cara seperti melihat, mencium, merasa bahkan kadang-kadang mendengarkan objeknya. Cara-cara tersebut sampai saat ini masih digunakan sebagai determinasi untuk menentukan karakteristik buah-buahan maupun sayuran, namun demikian tidak semua parameter kualitas tersebut dapat ditentukan dengan tingkat kesulitan yang sama. Sebagai contoh kenampakan relatif lebih mudah daripada menentukan tekstur dan menentukan tekstur lebih mudah daripada menentukan rasa (Schewfelt, 1998).

Berdasarkan hal tersebut maka penelitian tentang peubah faktor biofisik dominan yang berpengaruh terhadap komponen-komponen mutu jeruk keprok Tawangmangu sangat diperlukan untuk mendapatkan informasi yang komprehensif mengenai karakteristik jeruk keprok Tawangmangu pada lokasi yang spesifik.

Penelitian bertujuan untuk (i) memperoleh informasi peubah tanah dan iklim jeruk keprok Tawangmangu, dan (ii) mendapatkan karakteristik mutu hasil jeruk keprok Tawangmangu secara spasial dan temporal.

BAHAN DAN METODE

Lokasi dan waktu penelitian

Penelitian dilaksanakan mulai bulan Agustus sampai dengan Desember 2005 di Tawangmangu, Karanganyar, Jawa Tengah.

Bahan penelitian

Bahan yang digunakan untuk penelitian ini adalah peta topografi, data iklim harian (curah hujan, suhu udara, kelembaban, kecepatan angin, radiasi matahari), *ring sampler*, bor tanah, dan alat ukur untuk pengamatan tanaman. Sedangkan untuk analisis data diperlukan seperangkat komputer dan software *Crop Water Balance* (CWB) (Balitklimate, 2002) yang digunakan untuk analisis pengaruh iklim. Bahan-bahan untuk analisis sifat fisik dan kimia tanah serta untuk uji mutu jeruk.

Metode

Penelitian dilaksanakan dalam bentuk *desk study*, kegiatan lapangan, dan analisis laboratorium. *Desk study* dilakukan dalam analisis potensi sumberdaya iklim secara spasial dan temporal serta menganalisis karakteristik penciri mutu tanaman berdasarkan sifat biofisik lingkungannya. Penelitian lapangan multi lokasi untuk membedakan pengaruh tanah dan iklim. Analisis laboratorium dilakukan untuk mengidentifikasi serta mengkarakterisasi sifat penciri mutu komoditas.

Untuk melihat hubungan sifat fisik dan kimia tanah terhadap kualitas jeruk keprok Tawangmangu

dilakukan analisis dengan menggunakan regresi linier dan uji *two sample-t*. Analisis regresi dilakukan untuk melihat keterkaitan antara sifat fisik (tekstur) dan kimia tanah serta susunan mineral terhadap kualitas jeruk. Uji *two sample-t* dilakukan untuk melihat perbandingan antara kualitas yang diperoleh pada ketinggian yang berbeda (<1.000 m dpl vs >1.000 m dpl) pada keenam peubah kualitas yang meliputi kadar juice, kadar air, serat kasar, Total Padatan Terlarut (TPT), angka asam dan gula. Analisis dilakukan dengan menggunakan Minitab versi 14.

Untuk suatu model linier sederhana menggunakan n pengamatan, maka:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i$$

Dengan:

Y_i = Peubah tidak bebas

X_i = Peubah bebas dengan $i = 1, 2, \dots, n$,

β_0 dan β_1 = Parameter-parameter yang tidak diketahui

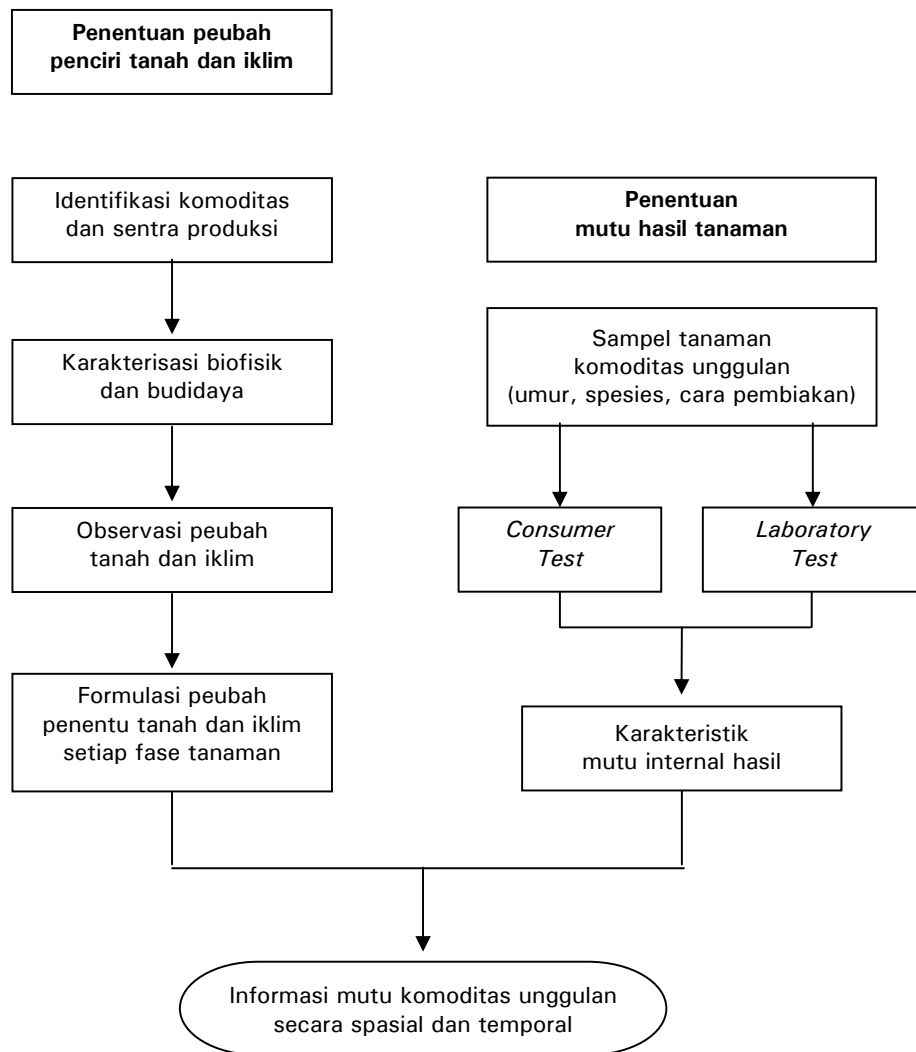
Asumsi error menyebar normal $(0, \sigma^2)$.

Penelitian ini dilaksanakan dalam tahapan yang disajikan dalam diagram alir (Gambar 1).

Penentuan peubah penciri tanah dan iklim

Identifikasi komoditas dan sentra produksi

Komoditas yang dipilih adalah jeruk keprok Tawangmangu yang merupakan komoditas unggulan Provinsi Jawa Tengah. Jeruk Tawangmangu yang dipilih pada wilayah sentra produksi kemudian dibandingkan dengan wilayah diluar sentra berdasarkan perbedaan karakteristik biofisiknya.



Gambar 1. Diagram alir tahap pelaksanaan penelitian

Figure 1. Flowchart of the procedure of study

Karakterisasi biofisik dan budidaya

Tahapan diawali dengan wawancara menggunakan teknik *purposive sampling* yang bertujuan untuk melakukan karakterisasi sumberdaya manusia dalam hal ini petani yang sudah cukup berpengalaman dalam budidaya jeruk. Teknik ini diperlukan agar contoh dapat merepresentasikan atau mewakili populasi, sehingga memperkecil perbedaan yang diperoleh contoh yang diambil dari populasi. Selanjutnya di lokasi pusat komoditas unggulan dilakukan karakterisasi budidaya jeruk disertai dengan identifikasi kondisi lingkungan.

Observasi peubah tanah dan iklim

Analisis fisika, kimia tanah serta pembuatan profil tanah bertujuan untuk mengetahui karakteristik tanah serta unsur-unsurnya yang dapat mempengaruhi kondisi tanaman pada suatu wilayah.

Contoh tanah yang diambil meliputi contoh tanah terganggu (*disturb soil samples*) dan contoh tanah utuh atau tidak terganggu (*undisturb soil samples*). Contoh tanah utuh diperlukan untuk analisis sifat fisik tanah (bobot isi, porositas, dan permeabilitas tanah), sedangkan contoh tanah

terganggu diperlukan untuk analisis sifat kimia tanah dan sifat fisik tanah lainnya (tekstur, kadar air tanah). Pengambilan contoh tanah utuh (*undisturb soil samples*) menggunakan “*ring samples*”, sedangkan contoh tanah terganggu diambil dengan menggunakan cangkul dan sekop. Untuk keperluan evaluasi status kesuburan tanah, contoh yang diambil merupakan contoh komposit yaitu contoh tanah campuran dari contoh-contoh tanah individu (*sub samples*). Suatu contoh komposit mewakili suatu unit lahan yang mewakili suatu hamparan lahan yang relatif homogen yaitu keadaan topografi, tekstur, warna tanah, pertumbuhan tanaman, penggunaan tanah, input (pupuk, kapur, bahan organik, dan sebagainya), dan rencana pertanaman yang akan ditanam. Satu contoh komposit terdiri atas campuran 10 contoh tanah individu (*sub samples*).

Pengambilan contoh dari profil

Pengambilan contoh dari profil bertujuan untuk mempelajari proses-proses kimia dalam hubungan dengan genesis tanah, mengumpulkan sifat tanah untuk tujuan klasifikasi tanah, serta untuk menilai potensi kesesuaian lahan. Dalam penentuan lokasi profil tanah berpedoman pada faktor-faktor pembentuk tanah, karena ada keteraturan tertentu menurut topografi (*toposequence*), iklim (*climosequence*), bahan induk (*lithosequence*), vegetasi (*biosequence*) dan umur (*chronosequence*). Pengambilan contoh tanah profil dimulai dari horizon/lapisan yang paling bawah kemudian baru ke lapisan melalui pembatasan horizon, dan deskripsi sifat-sifat fisik: solum, warna, tekstur, struktur, tingkat perkembangan tanah, porositas, *land use*, dan lain-lain. Setiap lapisan diambil 0,5 kg contoh.

Pengambilan contoh komposit

Contoh komposit diambil dari lapisan 0-20 cm dan 20-40 cm. Contoh tanah yang dibawa ke laboratorium merupakan contoh komposit dari sejumlah anak contoh (*cores*). Unit terkecil yang diwakili oleh satu contoh komposit ditentukan oleh

luas areal dan sumber-sumber keragaman yang ada (faktor-faktor pembentuk tanah, tekstur, penggunaan tanahnya, keadaan pertumbuhan tanaman, dan lain-lain), yang diperkirakan dapat mempengaruhi sifat tanah.

Cara pengambilan contoh komposit dengan menggunakan metode acak. Pertama-tama ditentukan blok-blok sesuai dengan luas areal, kemudian diambil contoh komposit. Tiap contoh komposit terdiri atas 10 anak contoh dan dimasukkan kedalam plastik. Contoh kemudian diaduk merata dan kurang lebih 1 kg diambil untuk dianalisis di laboratorium. Setelah itu diberi label yang berisi catatan lokasi dan sejarah penggunaan tanah, keadaan tanaman waktu itu, produksi, dan informasi rencana penanaman untuk musim berikut.

Identifikasi dan analisis unsur-usur iklim

Identifikasi unsur-unsur iklim seperti curah hujan, suhu, kelembaban dan radiasi matahari dilakukan untuk mendapatkan karakteristik iklim yang mempengaruhi mutu komoditas. Analisis frekuensi hujan diperlukan untuk menganalisis kebutuhan air tanaman dalam suatu wilayah serta menganalisis distribusi hujan yang terjadi pada wilayah penelitian.

Analisis hujan efektif dan Penyajian nisbah Evapotranspirasi Real (ETR)/Evapotranspirasi Maksimal (ETM) secara spasial dan temporal dapat menentukan kebutuhan air tanaman pada setiap fasenya, sehingga berdasarkan informasi tersebut dapat diketahui periode ketersediaan air yang berpengaruh terhadap mekanisme pembentukan hasil jeruk.

Penggunaan nilai ETR/ETM ini didasarkan pada hasil penelitian CIRAD (1995) yang menunjukkan bahwa besarnya ETR/ETM berkorelasi linier positif dengan hasil. Kebutuhan air maksimum tanaman (ETM) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut Allen *et al.* (1998):

$$ETM = K_c * ETP$$

dimana:

ETM = Evapotranspirasi maksimum (mm hari⁻¹)

Kc = Koefisien tanaman pada setiap fase pertumbuhannya

ETP = ETo * 0,8

Sedangkan Evapotranspirasi Real (ETR) dihitung berdasarkan fungsi ETM dan koefisien stress tanaman pada tingkat ketersediaan air dalam tanah, dengan persamaan sebagai berikut:

$$ETR = K_s * ETM * = K_s * K_c * ETP$$

dimana :

ETR = Evapotranspirasi real tanaman (mm hari⁻¹)

ETM = Evapotranspirasi maksimal tanaman (mm hari⁻¹)

ETP = Evapotranspirasi Potensial (mm hari⁻¹)

Ks = Koefisien stress

Data yang dibutuhkan untuk analisis indeks kecukupan air (ETR/ETM) adalah periode fase pertumbuhan dan fase fenologi tanaman, koefisien tanaman pada setiap fase pertumbuhan, koefisien stress, kedalaman perakaman maksimum, tinggi tanaman maksimum, dan kadar air tanah pada kapasitas lapang dan titik layu permanen. Data fase fenologi tanaman, koefisien tanaman (Kc) pada setiap fase pertumbuhan, dan koefisien stress menggunakan data dari Doorenbos dan Kassam (1979).

Evapotranspirasi dihitung berdasarkan acuan FAO Penman-Monteith digunakan sebagai metode baku untuk menghitung ETo dari data cuaca (Allen, *et al.*, 1998). Adapun persamaan FAO Penman-Monteith ialah sebagai berikut:

$$ETo = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)}$$

dengan:

ETo = evapotranspirasi acuan (mm hari⁻¹)

Rn = radiasi netto pada permukaan tanaman (MJ m⁻²hari⁻¹)

G = kerapatan fluks bahang tanah (MJm⁻²hari⁻¹)

T = suhu udara (°C)

U₂ = kecepatan angin pada ketinggian 2 m (ms⁻¹)

Es = tekanan uap air jenuh (kPa)

Ea = tekanan uap air aktual (kPa)

es-ea = defisit tekanan uap air jenuh (kPa)

Δ = slope kurva tekanan uap (kPa °C⁻¹)

γ = konstanta *psychrometric* (kPa °C⁻¹)

Formulasi peubah penentu tanah dan iklim setiap fase tanaman

Berdasarkan hasil karakterisasi peubah tanah dan iklim, ditentukan peubah penentunya dalam bentuk formulasi peubah penentu tanah dan iklim baik secara spasial maupun temporal.

Penentuan mutu hasil komoditas

Untuk penentuan mutu hasil komoditas dilakukan pengambilan contoh tanaman pada lokasi dan fase pertumbuhan yang berbeda. Dari setiap lokasi dipilih contoh pohon dengan umur tanaman, spesies, dan cara pembiakan (berasal dari biji atau cangkok) untuk tanaman tahunan yang diulang tiga kali. Penentuan mutu hasil komoditas dilakukan dalam dua bagian yaitu:

A. Uji konsumen

Pada setiap ulangan beberapa orang responden melakukan uji organoleptik untuk menentukan tekstur, rasa, serta perbedaan warna pada setiap pohon. Masing-masing contoh dari setiap pohon berdasarkan umur buah/tanaman dan bobot yang relatif sama pada setiap lokasi penelitian.

B. Uji laboratorium

Dilakukan untuk mengidentifikasi komponen-komponen fisik dan kimia jeruk yang berpengaruh terhadap mutu internal pada lokasi dan fase pertumbuhan yang berbeda. Pada setiap ulangan, pengujian dilakukan dengan memilih contoh dari setiap pohon berdasarkan umur buah dan bobot yang relatif sama.

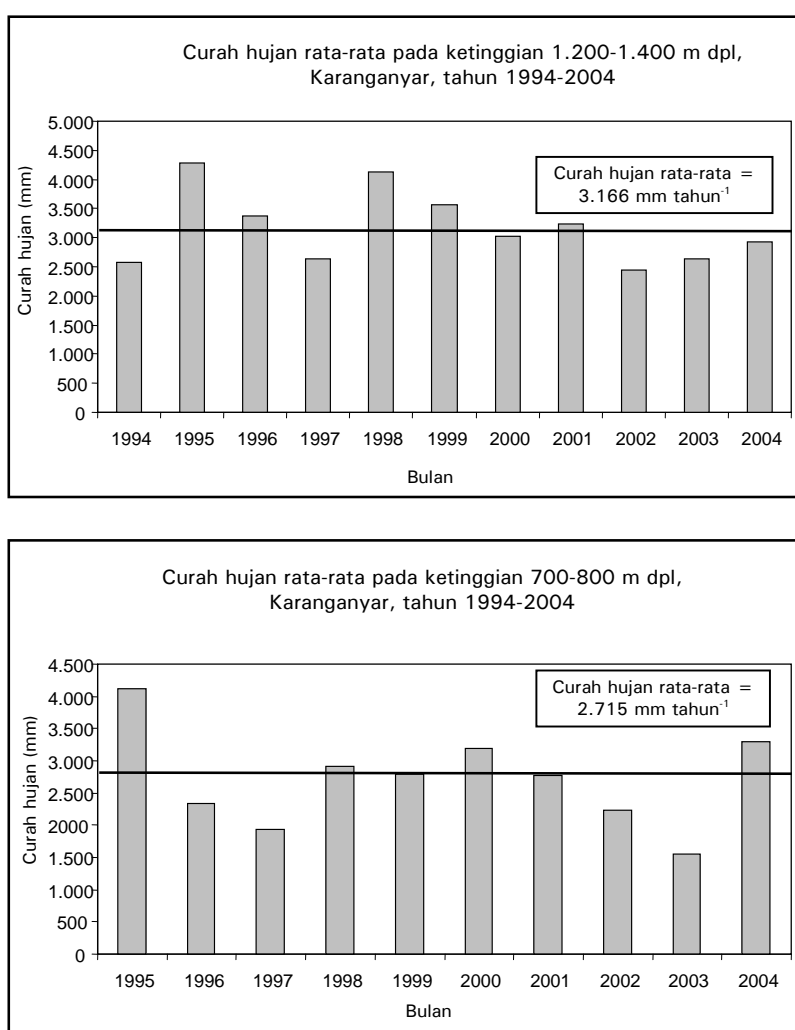
HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik biofisik dan budidaya jeruk keprok Tawangmangu

Karakteristik iklim

Jeruk keprok Tawangmangu yang tersebar di Karanganyar terdapat di Kecamatan Tawangmangu, Jenawi, Jatiyoso, dan Ngargoyoso. Kecamatan Tawangmangu dan Jenawi terletak pada ketinggian antara 1.200-1.400 m dpl. Berdasarkan Klasifikasi

Iklim Schmidt-Ferguson (1951) lokasi tersebut mempunyai sembilan bulan basah dan dua bulan kering dengan curah hujan rata-rata 3.166 mm tahun⁻¹ sehingga termasuk dalam tipe iklim B. Sedangkan Kecamatan Jatiyoso dan Ngargoyoso terletak pada ketinggian antara 700-800 m dpl mempunyai delapan bulan basah dan tiga bulan kering dengan curah hujan rata-rata 2.715 mm tahun⁻¹ termasuk dalam tipe iklim C (Gambar 2). Suhu rata-rata bulanan terendah terjadi pada bulan Desember sebesar 20,6°C dan tertinggi pada bulan



Gambar 2. Curah hujan rata-rata tahunan pada dua ketinggian tempat yang berbeda di lokasi jeruk keprok Tawangmangu

Figure 2. Average of annual rainfall for different altitudes in citrus areas of Tawangmangu

April sebesar 23,5°C. Kelembaban rata-rata bulanan berkisar antara 72,2% pada bulan Agustus sampai 94,3% pada bulan Desember.

Pada ketinggian tempat lebih dari 1.000 m dpl curah hujan tertinggi pada periode normal (frekuensi tidak kurang dari 25% dan tidak lebih dari 75%) terjadi pada bulan Januari antara 431-583,5 mm, Sedangkan curah hujan terendah pada periode normal terjadi pada bulan Juli antara 0-162 mm. Rata-rata curah hujan tahunan, curah hujan periode normal berkisar antara 2.783,6-3.684 mm. Periode basah yang ditandai dengan frekuensi 0% untuk peluang tidak terjadi hujan mulai Desember sampai Februari. Sedangkan hujan sering tidak terjadi pada bulan Juni sampai dengan September dengan frekuensi berkisar antara 22-28%. Demikian pula

pada ketinggian di bawah 1.000 m. dpl curah hujan tertinggi pada periode normal terjadi pada bulan Januari berkisar antara 309,4-526 mm sedangkan curah hujan terendah pada periode normal terjadi pada bulan Agustus antara 4-38,7 mm. Curah hujan periode normal tahunan berkisar antara 1.782,4-3.698 mm. Periode basah relatif lebih pendek bila dibandingkan dengan ketinggian di atas 1.000 m dpl yaitu hanya terjadi pada bulan Januari dan Februari. Hujan sering tidak terjadi pada bulan Juni, Juli dan Agustus (Tabel 1).

CIRAD (1995) mengembangkan suatu indikator defisit air yaitu menghitung Indeks Kecukupan Air pada tanaman dengan menggunakan nisbah evapotranspirasi aktual/evapotranspirasi tanaman (ETR/ETM). Penyajian nisbah ETR/ETM

Tabel 1. Frekuensi curah hujan dengan peluang <25% dan >75% pada dua ketinggian yang berbeda

Table 1. Rainfall frequency in probability <25% and >75% on two different level

Bulan	Frekuensi		Tidak terjadi hujan
	< 25%	75 %	
 mm	%
Ketinggian > 1.000 m dpl			
Januari	431,0	583,5	0
Februari	406,4	566,3	0
Maret	332,0	592,0	1
April	293,0	610,0	3
Mei	85,0	226,5	7
Juni	13,0	290,0	23
Juli	0	162,0	26
Agustus	0	46,5	28
September	6,0	103,0	22
Oktober	71,0	428,0	17
November	250,0	474,0	1
Desember	313,0	463,0	0
Tahunan	2.783,6	3.684	0
Ketinggian < 1.000 m dpl			
Januari	309,4	526,0	0
Februari	351,0	569,0	0
Maret	267,0	540,0	2
April	168,0	460,0	8
Mei	57,0	181,5	10
Juni	5,5	124,6	23
Juli	10,5	59,3	17
Agustus	4,0	38,7	20
September	13,8	29,6	3
Oktober	142,0	251,0	1
November	193,3	492,9	6
Desember	194,0	404,0	3
Tahunan	1.782,4	3.698,0	3

menurut ruang dan waktu memungkinkan untuk memprediksi saat terjadinya cekaman air (*water stress*) sehingga potensi kehilangan hasil dapat ditekan. Berdasarkan informasi tersebut, maka dapat dipilih masa tanam terbaik sehingga risiko terjadinya cekaman air dapat diminimalkan atau paling tidak dapat diupayakan agar cekaman air tidak terjadi pada fase kritis tanaman. Untuk penanaman jeruk keprok yang baru pada ketinggian lebih dari 1.000 m dpl disarankan dilakukan pada pertengahan bulan Oktober. Sedangkan untuk penanaman pada ketinggian kurang dari 1.000 m dpl sebaiknya ditanam pada pertengahan Desember, hal tersebut berkaitan dengan fluktuasi Indeks Kecukupan Air pada masing-masing lokasi. Saat memasuki fase kritis tanaman yaitu pada fase pembungaan sampai pembentukan buah relatif tidak terganggu oleh cekaman air, hal tersebut digambarkan dengan nilai Indeks Kecukupan Air yang selalu di atas nilai kritisnya pada nilai 0,8 sehingga potensi kehilangan hasil relatif kecil (Gambar 3).

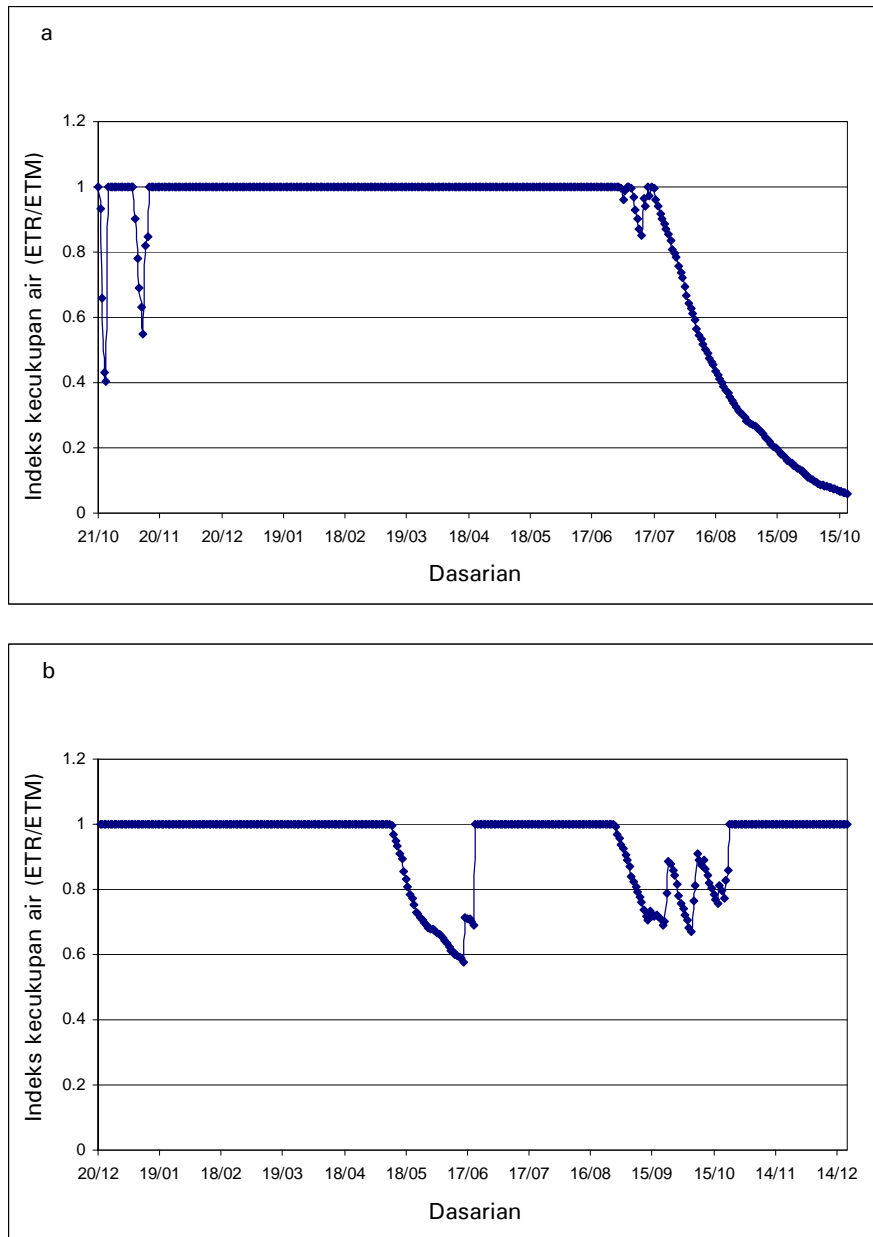
Karakteristik tanah

Pada umumnya jeruk keprok Tawangmangu yang ditanam pada ketinggian lebih dari 1.000 m dpl terdapat pada jenis tanah yang mempunyai nilai jerapan P tanah 93,4-94,4%, berat isi 0,83-0,92 g cm⁻³, nilai Al-terekstrak asam oksalat ditambah setengah dari Fe-terekstrak asam oksalat memberikan nilai >2%, sehingga tanah memiliki sifat andik. Jenis tanah yang mempunyai penciri andik dimasukkan kedalam Ordo Andisols (Soil Survey Staff, 1998). Andisols dengan regim temperatur Mesik dan regim kelembaban Udik. termasuk sub ordo Udands. Tidak dijumpai horizon penciri plakik, duripan, epipedon melanik dengan *value* dan *chroma* lembab 3 atau kurang dan tidak menunjukkan retensi air pada 1.500 kPa untuk contoh tanah yang tidak dikeringkan adalah 100% atau lebih, maka dikategorikan dalam greatgroup Hapludand. Andisols Tawangmangu mempunyai bahan induk abu vulkanik yang bersifat asam dengan proses pencucian intensif sehingga jumlah basa tertukar rendah maka masuk subgroup Acrudoxin, sehingga jenis tanah dominan pada daerah ini adalah Acrudoxin Hapludands.

Sedangkan jeruk keprok yang ditanam pada ketinggian kurang dari 1.000 m dpl umumnya didominasi oleh tanah Typic Dystrudepts dengan kandungan C organik tanah lebih rendah dibandingkan dengan pada ketinggian di atas 1.000 m dpl. Pada lokasi tersebut kebanyakan telah terjadi erosi berat, tanahnya relatif sudah berkembang yaitu dengan warna tanah coklat sampai coklat tua agak kekelabuan, tekstur lempung liat berdebu, struktur gumpal, konsistensi gembur sampai teguh, kadang-kadang di lapisan bawah ditemukan bahan induk berwarna kuning atau kuning kemerahan, tanah bereaksi agak masam sampai netral.

Budidaya jeruk keprok Tawangmangu

Jeruk keprok pada ketinggian di atas 1.000 m dpl terdapat di Kecamatan Tawangmangu (1400 m dpl) dan Kecamatan Jenawi (1.100 m dpl) dengan luasan wilayah masing-masing 70,03 km² dan 56,08 km² atau sekitar 9% dan 7% dari luas total Kabupaten Karanganyar. Kecamatan Tawangmangu merupakan kecamatan paling luas di Kabupaten Karanganyar. Jeruk keprok yang terdapat pada daerah tersebut berumur antara 30-45 tahun. Diameter batang jeruk berkisar antara 25-28 cm. Pada umumnya petani di daerah ini tidak melakukan tindakan budidaya secara khusus. Pemupukan dilakukan dua kali setahun pada akhir panen. Jenis pupuk yang diberikan adalah pupuk organik berupa pelepah pisang, jerami padi dicampur dengan pupuk kandang dan ditambah sekitar 1 kg kapur. Pupuk tersebut diberikan dengan cara dibenamkan sedalam 1 meter di sekeliling pohon dengan jarak 120-150 cm dari pohon. Pestisida diberikan setelah perlakuan pemupukan. Sedangkan di Kecamatan Jenawi tidak pernah dilakukan pemberantasan hama dan penyakit sehingga kondisi tanaman banyak yang terserang hama dan penyakit. Populasi jeruk di Kecamatan Jenawi relatif lebih sedikit dibandingkan dengan Kecamatan Tawangmangu. Panen dua kali setahun sekitar bulan Januari-Februari dan bulan Juli-Agustus. Hasil rata-rata 100-150 kg setiap pohon.



Gambar 3. Fluktuasi indeks kecukupan air pada potensi kehilangan hasil terendah di ketinggian (a) lebih dari 1.000 dan (b) kurang dari 1.000 m dpl

Figure 3. Water satisfaction index fluctuation on the lowest of loose yield potential in area of (a) more than 1.000 m and (b) lower than 1.000 m asl

Jeruk keprok pada ketinggian kurang dari 1.000 m dpl terdapat di Kecamatan Ngargoyoso dan Jatiyoso. Masing-masing terdapat pada ketinggian sekitar 894 m dpl dan 570 m dpl dengan luas wilayah 65,34 dan 67,16 atau sekitar 8,4% dan 8,6% dari luas total Kabupaten Karanganyar. Jeruk keprok yang terdapat pada daerah tersebut berumur sekitar 25-30 tahun. Diameter batang jeruk tersebut berkisar antara 25-28 cm. Sama halnya seperti petani di Tawangmangu, petani di Kecamatan Ngargoyoso tidak melakukan tindakan budidaya secara khusus. Pemupukan dilakukan dengan menggunakan pupuk kandang dan jerami padi. Panen hasil dilakukan dua kali dalam setahun. Panen jeruk dilakukan enam bulan setelah berbunga. Bila fase pembungaan terjadi pada bulan September maka panen dilakukan pada bulan Januari sampai dengan Februari. Sedangkan bila fase pembungaan terjadi pada bulan Maret, maka panen dilakukan pada bulan Juli sampai dengan Agustus.

Hubungan peubah tanah dan iklim dengan mutu jeruk

Jeruk keprok Tawangmangu yang memiliki keunggulan mutu berupa rasa manis dan tekstur yang spesifik sangat dipengaruhi oleh faktor spesifik lingkungannya terutama faktor biofisik (tanah dan iklim). Komponen-komponen peubah tanah dapat dilihat dari sifat fisik, kimia maupun kandungan mineral tanah sedangkan komponen-komponen peubah iklim dapat dilihat dari fluktuasi curah hujan, suhu, kelembaban, radiasi dan evapotranspirasi. Fase yang diamati adalah fase generatif karena tanaman jeruk yang ada sudah beberapa kali berproduksi.

Beberapa sifat fisik dan kimia tanah yang mempengaruhi hasil tanaman jeruk keprok Tawangmangu disajikan pada Tabel 2 dan 3. Dapat dikatakan bahwa sifat fisik dan kimia tanah yang ideal untuk pertumbuhan jeruk keprok Tawangmangu adalah bila jeruk tersebut ditanam pada tanah Acrudoxin Hapludands berwarna abu-abu gelap (10 YR3/1) bertekstur tanah liat berdebu dengan

kandungan liat sekitar 63% dengan kedalaman tanah lebih dari satu meter dan porositas sedang. Kondisi tersebut cocok untuk sistem perakaran jeruk yang membutuhkan drainase relatif baik, karena perakaran jeruk rentan terhadap serangan penyakit dalam kondisi tergenang terutama saat musim penghujan.

Tabel 2. Sifat fisik pada ketinggian tempat yang berbeda

Table 2. Soils physics on different altitudes

Sifat fisika (0-40 cm)	Ketinggian	
	> 1.000 m dpl	< 1.000 m dpl.
Tekstur tanah	Liat berdebu	Liat berdebu
• % liat	18,5	19,4
• % debu	63,2	60,3
• % pasir	17,4	20,6
Struktur	Gembur	Gembur
Konsistensi	Remah	Remah
Berat isi (g cm^{-3})	0,92	0,94
Warna	Abu-abu gelap (10 YR3/1)	Coklat tua (10 YR4/3)
Batas horison	Tegas (rata)	Tegas (rata)

Bobot isi tanah Andisols Tawangmangu tergolong rendah untuk ukuran tanah mineral ($0,5-1,0 \text{ g cm}^{-3}$). Nilai bobot isi yang rendah disebabkan oleh tingginya kandungan bahan organik (4,68-4,92%) dan banyaknya ruang pori (*light void content*) mineral allofan. Umumnya C-organik lapisan atas lebih tinggi daripada lapisan bawah, karena pada lapisan atas terdapat mineral liat amorf (*allofan*) yang dapat membentuk senyawa kompleks dengan C-organik dan melindungi bahan organik dari proses dekomposisi, sehingga kandungan C-organik tinggi. pH tanah yang berpengaruh terhadap ketersediaan hara dan juga aktifitas mikroba dan jasad renik tanah berada sekitar 6,38-6,92. pH tersebut cocok untuk tanaman jeruk karena pada kondisi pH di bawah 5,0 biasanya terjadi keracunan Aluminium dan Besi pada perakaran jeruk, selain itu dapat pula menyebabkan defisiensi unsur hara seperti kalsium, magnesium, dan fosfor (yang terfiksasi partikel tanah) dan molybdenum. Sebaliknya bila jeruk tumbuh pada pH tanah lebih dari 7,5 sering terjadi defisiensi hara mikro, seperti: besi, mangan, dan seng (FFTC, 2005).

Tabel 3. Sifat fisik dan kimia tanah pada ketinggian tempat yang berbeda*Table 3. Chemical soils on different altitudes*

Kedalaman tanah	pH H ₂ O	Bahan organik	N total	P	K	CTC	Al	Fe	S	Ca	Mg tersedia	B	Cu
cm		%	ppm	... me 100 g ⁻¹ ...		cmol _c % me % ppm	
Ketinggian > 1.000 m dpl													
0-20	6,92	4,92	1,17	3,10	0,90	21,69	0,44	0,37	0,032	7,35	1,69	0,08	8,79
20-40	6,38	4,68	1,35	3,43	0,39	21,35	0,61	0,33	0,034	6,55	1,55	0,09	8,84
Ketinggian < 1.000 m dpl													
0-20	6,76	4,67	1,03	4,01	0,46	26,21	0,59	0,29	0,04	5,47	1,76	0,12	5,83
20-40	6,02	4,55	1,42	4,05	0,31	20,70	0,54	0,34	0,04	4,81	1,79	0,13	4,50

Nilai Kapasitas Tukar Kation (KTK) sedang (21,35-21,69 cmol_c) dan unsur hara makro maupun mikro cukup tersedia. Nilai kandungan Al dan setengah jumlah Fe terekstrak asam oksalat I lebih rendah di lapisan atas dibanding lapisan bawah. Hal ini disebabkan mineral amorf (allofan) yang merupakan sumber Al terekstrak asam oksalat lebih dominan di lapisan bawah dibanding lapisan atas; mobilisasi ion Al dan Fe tercuci dari lapisan atas dan mengendap di lapisan bawah. Kenyataan ini berhubungan erat dengan nilai jerapan P. Nilai jerapan P lebih rendah di lapisan atas daripada lapisan bawah. Kandungan allofan yang berlimpah di lapisan bawah merupakan sumber Al dan Fe yang aktif menyerap P tanah.

Pada ketinggian kurang dari 1.000 m dpl tanah yang dominan berwarna coklat tua (10 YR4/3) yang didominasi tanah Typic Dystrudepts. Berdasarkan uji T, kandungan bahan organik, KTK, dan unsur Al tidak berbeda nyata dibandingkan dengan tanah Acrudoxin Hapludands pada ketinggian kurang dari 1.000 m dpl. Namun beberapa unsur hara menunjukkan perbedaan yang nyata seperti P, Ca, dan Mg untuk hara makro dan Cu dan B untuk hara mikro (Tabel 4).

Berdasarkan hasil analisis regresi linier antara sifat fisik tanah dengan peubah kualitas jeruk diperoleh bahwa tekstur tanah tidak berpengaruh nyata terhadap peubah kualitas jeruk. Hal tersebut ditunjukkan oleh nilai-p pada taraf uji $\alpha = 0,05$, baik pada ketinggian kurang dari 1.000 m dpl maupun lebih dari 1.000 m dpl. Sedangkan berdasarkan koefisien determinasi (R^2) diperoleh bahwa untuk lima peubah kualitas jeruk pada

ketinggian kurang dari 1.000 m dpl memperoleh $R^2 \geq 70\%$, kecuali Total Padatan Terlarut (TPT) sebesar 63,8%. Contohnya untuk sampel gula diperoleh koefisien determinasi (R^2) mencapai 97,9% yang menunjukkan bahwa sebesar 97,9% keragaman gula dipengaruhi oleh kadar liat, debu serta pasir dan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain. Sedangkan untuk peubah kualitas jeruk pada ketinggian > 1.000 m dpl, hanya tiga peubah yang mencapai $R^2 \geq 70\%$, yaitu TPT, angka asam dan gula (Tabel 5).

Tabel 4. Analisis T-test sifat fisik dan kimia tanah pada ketinggian tempat yang berbeda*Table 4. T-test analysis of soil physic and chemical properties on different level*

Peubah	Nilai-T	Nilai-p
KTK	-2,05	0,110
BO	0,31	0,766
Al	-0,61	0,566
Tekstur		
Liat	-1,12	0,298
Debu	0,76	0,479
Pasir	-1,41	0,231
Hara makro		
N	0,41	0,691
P	-5,21	0,006**
K	2,27	0,057
Ca	5,62	0,001**
Mg	-3,25	0,014*
S	-0,96	0,394
Hara mikro		
Fe	0,77	0,472
Cu	6,49	0,003**
Bo	-2,80	0,049*

Keterangan:

* = berbeda nyata pada taraf uji 95%

** = sangat berbeda nyata pada taraf uji 95%

Tabel 5. Hubungan antara ukuran partikel tanah dan kualitas jeruk*Table 5. Relationship between soil particle size and citrus quality*

Peubah kualitas	Model hubungan	R ² %	Nilai-p
Ketinggian > 1.000 m dpl			
Kadar juice	Juice = 81,6 - 0,39 liat + 0,22 debu - 1,13 pasir	14,7	0,975
Kadar air	Kadar air = 104 - 0,02 liat - 0,638 debu + 1,46 pasir	60,6	0,743
Serat kasar	Serat kasar = 1,02 + 0,058 liat + 0,0406 debu - 0,195 pasir	66,5	0,693
Total padatan terlarut	TPT = 14,0 + 0,326 liat + 0,022 debu - 0,622 pasir	70,0	0,661
Angka asam	Angka asam = 2,85 + 0,00525 liat - 0,00443 debu - 0,0002 pasir	72,9	0,632
Gula	Gula = 10,4 + 0,0388 liat - 0,0335 debu + 0,101 pasir	99,2	0,114
Ketinggian < 1.000 m dpl			
Kadar juice	Juice = - 51,7 + 6,21 liat - 0,094 debu - 1,08 pasir	72,5	0,635
Kadar air	Kadar air = 24,3 + 3,41 liat + 0,241 debu - 1,08 pasir	93,1	0,331
Serat kasar	Serat kasar = - 16,5 + 1,63 liat - 0,193 debu - 0,097 pasir	73,8	0,622
Total padatan terlarut	TPT = 39,1 - 2,00 liat + 0,032 debu + 0,401 pasir	63,8	0,717
Angka asam	Angka asam = - 19,3 + 1,77 liat - 0,009 debu - 0,326 pasir	82,9	0,511
Gula	Gula = 13,6 - 0,08 liat - 0,213 debu + 0,597 pasir	97,9	0,185

Tabel 6. Hubungan antara beberapa sifat kimia tanah dengan kualitas jeruk*Table 6. Relationship between several chemical soil properties and citrus quality*

Peubah kualitas	Model hubungan	R ² %	Nilai-p
Ketinggian > 1.000 m dpl			
Kadar juice	Juice = - 131 + 8,57 KTK + 20,6 AL + 0,829 BO	98,8	0,137
Kadar air	Kadar air = 6 + 3,31 KTK + 19,0 AL + 0,28 BO	53,1	0,798
Serat kasar	Serat kasar = - 12,6 + 0,652 KTK - 0,521 AL + 0,0290 BO	88,2	0,428
Total padatan terlarut	TPT = 28,4 - 0,544 KTK - 5,72 AL - 0,633 BO	91,1	0,375
Angka asam	Angka asam = 2,05 + 0,0283 KTK + 0,0730 AL - 0,00721 BO	66,3	0,695
Gula	Gula = 12,6 - 0,075 KTK - 0,341 AL + 0,0029 BO	12,8	0,980
Ketinggian < 1.000 m dpl			
Kadar juice	Juice = 41,5 + 0,55 KTK + 40,9 AL - 7,9 BO	59,5	0,751
Kadar air	K. air = 105 + 0,050 KTK + 67,6 AL - 13,3 BO	85,5	0,473
Serat kasar	Serat kasar = - 2,3 + 0,047 KTK - 8,6 AL + 1,67 BO	23,4	0,948
Total padatan terlarut	TPT = - 8,03 + 0,303 KTK - 19,0 AL + 4,84 BO	99,7	0,047*
Angka asam	Angka asam = 9,4 + 0,139 KTK + 13,8 AL - 2,77 BO	69,8	0,662
Gula	Gula = - 23,9 + 0,758 KTK - 49,6 AL + 9,93 BO	95,1	0,279

Keterangan:

* = berbeda nyata pada taraf uji 95%

Beberapa sifat kimia tanah seperti: kapasitas tukar kation (KTK), kandungan bahan organik, dan Al hanya berpengaruh nyata pada TPT pada ketinggian kurang dari 1.000 m dpl. Sedangkan peubah kualitas jeruk yang mempunyai $R^2 \geq 70\%$ adalah: kadar juice, serat kasar, dan total padatan terlarut pada ketinggian kurang 1.000 m dpl dan kadar air serta gula pada ketinggian lebih dari 1.000 m dpl (Tabel 6).

Peubah kualitas jeruk yang nyata dipengaruhi oleh unsur hara makro N, P, dan K hanya pada TPT pada ketinggian lebih dari 1.000 m dpl dan angka

asam baik pada ketinggian kurang dari 1.000 m dpl maupun lebih dari 1.000 m dpl (Tabel 7). Sedangkan unsur hara makro lainnya, seperti: S, Ca, dan Mg hanya berpengaruh nyata terhadap angka asam pada ketinggian kurang dari 1.000 m dpl (Tabel 8).

Seperti halnya pada unsur makro, hanya TPT dan angka asam yang nyata dipengaruhi oleh unsur hara mikro Fe, B, dan Cu. Unsur mikro tersebut dapat mempengaruhi TPT pada ketinggian kurang dari 1.000 m dpl dan angka asam pada ketinggian lebih dari 1.000 m dpl (Tabel 9).

Tabel 7. Hubungan antara unsur N, P, dan K dengan kualitas jeruk*Table 7. Relationship between N, P, and K with citrus quality*

Peubah kualitas	Model hubungan	R ² %	Nilai-p
Ketinggian > 1.000 m dpl			
Kadar juice	Juice = - 313 - 20,0 N + 94 P - 0,8 K	59,3	0,754
Kadar air	Kadar air = - 595 - 23,3 N + 175 P - 0,7 K	84,7	0,484
Serat kasar	Serat kasar = 133 + 3,15 N - 33,6 P - 0,91 K	27,1	0,934
Total padatan terlarut	TPT = - 38,8 - 1,65 N + 12,0 P + 7,56 K	99,9	0,040*
Angka asam	Angka asam = 3,36 + 0,0141 N - 0,181 P + 0,0548 K	99,7	0,048*
Gula	Gula = 507 + 6,11 N - 125 P + 2,06 K	94,7	0,292
Ketinggian < 1.000 m dpl			
Kadar juice	Juice = 276 - 84,3 N - 21,8 P - 46,8 K	98,7	0,146
Kadar air	Kadar air = - 15 + 33,1 N + 15,1 P + 19,5 K	72,7	0,633
Serat kasar	Serat kasar = 27,7 - 10,2 N - 3,14 P - 5,19 K	97,0	0,219
Total padatan terlarut	TPT = 6,7 + 1,9 N - 0,08 P + 2,7 K	46,2	0,841
Angka asam	Angka asam = 2,07 + 0,176 N + 0,0861 P + 0,137 K	99,8	0,049*
Gula	Gula = 3,14 + 2,85 N + 0,893 P + 1,78 K	61,5	0,736

Tabel 8. Hubungan antara unsur Ca, Mg, dan S dengan kualitas jeruk*Table 8. Relationship between Ca, Mg, and S with citrus quality*

Peubah kualitas	Model hubungan	R ² %	Nilai-p
Ketinggian > 1.000 m dpl			
Kadar juice	Juice = 88,8 - 216 S - 3,94 Ca + 8,67 Mg	98,7	0,145
Kadar air	Kadar air = 85,6 + 205 S - 1,38 Ca + 3,4 Mg	62,6	0,727
Serat kasar	Serat kasar = 0,92 - 50,4 S - 0,268 Ca + 2,39 M	94,9	0,284
Total padatan terlarut	TPT = 0,8 - 43 S + 0,273 Ca + 5,78 Mg	46,4	0,840
Angka asam	Angka asam = 2,49 + 0,496 S - 0,0113 Ca + 0,143 Mg	97,7	0,194
Gula	Gula = 9,52 + 4,9 S + 0,0567 Ca + 0,449 Mg	52,7	0,801
Ketinggian < 1.000 m dpl			
Kadar juice	Juice = - 27,8 - 465 S - 0,03 Ca + 49,1 Mg	98,2	0,172
Kadar air	Kadar air = 19,7 - 358 S + 2,01 Ca + 37,7 Mg	91,9	0,358
Serat kasar	Serat kasar = - 10,2 - 135 S - 2,51 Ca + 16,9 Mg	64,0	0,715
Total padatan terlarut	TPT = 6,9 + 88 S + 0,78 Ca - 2,2 Mg	51,9	0,806
Angka asam	Angka asam = - 9,87 - 122 S + 0,267 Ca + 11,8 Mg	99,9	0,041*
Gula	Gula = 52,7 + 261 S + 1,85 Ca - 34,3 Mg	35,8	0,897

Tabel 9. Hubungan antara unsur Fe, B, dan Cu dengan kualitas jeruk*Table 9 Relationship between Fe, B, and Cu with citrus quality*

Peubah kualitas	Model hubungan	R ² %	Nilai-p
Ketinggian > 1.000 m dpl			
Kadar juice	Juice = 19,6 + 29,0 Fe + 248 B + 2,0 Cu	97,4	0,206
Kadar air	Kadar air = 402 + 20,7 Fe + 359 B - 39,8 Cu	72,1	0,640
Serat kasar	Serat kasar = - 24,2 + 2,39 Fe - 27,0 B + 3,06 Cu	97,2	0,211
Total padatan terlarut	TPT = - 6 + 1,0 Fe - 109 B + 2,9 Cu	39,0	0,881
Angka asam	Angka asam = 4,75 + 0,220 Fe + 1,16 B - 0,256 Cu	100,0	0,019*
Gula	Gula = 20,7 + 0,235 Fe - 4,6 B - 1,09 Cu	69,1	0,669
Ketinggian < 1.000 m dpl			
Kadar juice	Juice = 35,9 - 8,7 Fe - 44 B + 2,60 Cu	68,2	0,678
Kadar air	Kadar air = 67,6 + 5,1 Fe + 26,3 B + 2,03 Cu	91,1	0,375
Serat kasar	Serat kasar = 3,93 - 2,2 Fe - 10,1 B - 0,070 Cu	17,5	0,967
Total padatan terlarut	TPT = 12,4 + 2,78 Fe - 50,4 B + 0,698 Cu	99,9	0,036*
Angka asam	Angka asam = 6,12 - 2,84 Fe - 9,1 B + 0,713 Cu	77,6	0,579
Gula	Gula = 29,7 - 21,6 Fe - 111 B + 0,490 Cu	96,8	0,226

Keterangan:

* = berbeda nyata pada taraf uji 95%

Berdasarkan uji T, susunan mineral pasir pensuplai unsur hara pada ketinggian lebih dari 1.000 m dpl berbeda nyata bila dibandingkan dengan ketinggian kurang dari 1.000 m dpl (Tabel 10). Mineral-mineral tersebut merupakan mineral kelam asosiasi Piroksin, seperti: Hiperstin ($(\text{Mg,Fe})_2\text{Si}_2\text{O}_6$) rata-rata sebesar 31%, Augit ($(\text{Ca (Mg, Fe, Al) (Si,Al)}_2\text{O}_6)$) rata-rata sebesar 23,5% serta Labradorit dan Gelas Vulkanis, masing-masing sebesar 13% dan 12%.

Tabel 10. Analisis T-test mineral pada ketinggian tempat yang berbeda

Table 10. T-test analysis of mineral on different level

Peubah	Nilai-T	Nilai-p
Mineral		
Augit	17,24	0,002**
Hiperstin	12,74	0,002**
Opak	-9,28	0,001**
Gelas vulkanis	14,39	0,003**
Labradorit	5,66	0,001**

Keterangan:

* = berbeda nyata pada taraf uji 95%

** = sangat berbeda nyata pada taraf uji 95%

Pada ketinggian lebih dari 1.000 m dpl mineral Opak, Fragmen batuan, Andesin rata-rata kurang dari 10%. serta beberapa mineral yang terdispersi seperti: Kuarsa Bening, Konkresi Besi, Limonit, SiO_2 organik, Zeolit, dan Lapukan Mineral. Sebaliknya pada ketinggian kurang dari 1.000 m dpl kebanyakan tanah sudah tererosi berat yang dicirikan dengan susunan mineral sekunder yang relatif tinggi seperti mineral Opak yang terdiri atas Magnetite (FeFe_2O_4) lebih dari 50% sementara mineral kelamnya, seperti: Hornblende, Augit, dan Hiperstin kurang dari 10%. Selain itu, terdapat pula lapukan mineral sebesar 16% diikuti dengan konkresi besi, mineral organik, SiO_2 organik, Fragmen batuan, Gelas Vulkanis, Labradorit kurang dari 10%, serta beberapa mineral lainnya yang terdispersi, seperti: Kuarsa Keruh, Kuarsa Bening, Zeolit, dan Andesin (Tabel 11).

Hubungan antara mineral pasir dengan kualitas jeruk disajikan pada Tabel 12 dan 13. Mineral

pensuplai unsur hara, seperti: Hornblende, Augit, dan Hiperstin hanya berpengaruh nyata terhadap gula pada ketinggian kurang dari 1.000 m dpl (Tabel 12). Sedangkan mineral penting lainnya, seperti: Opak, Gelas Vulkanis, dan Labradorit berpengaruh nyata terhadap angka asam pada ketinggian kurang dari 1.000 m dpl dan TPT pada ketinggian lebih dari 1.000 m dpl (Tabel 13).

Tabel 11. Susunan mineral pada tanah-tanah yang ditanam jeruk keprok Tawangmangu di Kabupaten Karanganyar

Table 11. Mineral composition of Tawangmangu citrus soils in Karanganyar Distric

No. Fraksi	Ketinggian > 1.000 m dpl	Ketinggian < 1.000 m dpl
 %	
1. Opak	7-11	51-81
2. Kuarsa bening	terdispersi	terdispersi
3. Kuarsa keruh	-	terdispersi
4. Konkresi besi	terdispersi	1-2
5. Limonit	terdispersi	-
6. SiO_2 organik	terdispersi	1-8
7. Zeolit	terdispersi	terdispersi
8. Lapukan mineral	terdispersi	3-29
9. Fragmen batuan	7-10	1-4
10. Gelas vulkanis	10-13	1-3
11. Andesin	1-2	terdispersi
12. Labradorit	9-17	1-6
14. Hornblende	terdispersi	1
15. Augit	21-26	2-6
16. Hiperstin	28-34	2-8

Berdasarkan kondisi iklim, jeruk keprok Tawangmangu menghendaki musim transisi yang ditandai dengan penurunan curah hujan pada saat memasuki periode generatif. Jeruk keprok dengan kualitas terbaik menghendaki suhu yang rendah sekitar 19°C pada saat pembungaan kemudian meningkat saat memasuki fase pembentukan buah dan berlangsung stabil pada kisaran suhu $22-23^\circ\text{C}$ hingga pematangan buah. Radiasi yang diperlukan sebesar 320 kal cm^{-2} pada fase pembungaan dan cenderung meningkat hingga 400 kal cm^{-2} pada fase pematangan. Evapotranspirasi yang ideal sekitar 3 mm dan relatif konstan selama fase pembungaan dan pembentukan buah kemudian mulai meningkat

Tabel 12. Hubungan antara Hornblende, Augit, dan Hiperstin dengan kualitas jeruk*Table 12. Relationship between Hornblende, Augit, and Hiperstin with citrus quality*

Peubah kualitas	Model hubungan	R ² %	Nilai-p
Ketinggian > 1.000 m dpl			
Kadar juice	Juice = 23,4 - 11,3 Hornblende + 1,47 Augit + 0,904 Hiperstin	94,4	0,300
Kadar air	K.Air = 59,2 - 7,02 Hornblende + 0,547 Augit + 0,886 Hiperstin	93,3	0,325
Serat kasar	Serat Kasar = 0,31 - 0,624 Hornblende + 0,0622 Augit + 0,0150 Hiperstin	86,9	0,450
Total padatan terlarut	TPT = 21,4 + 1,59 Hornblende - 0,310 Augit - 0,193 Hiperstin	67,1	0,688
Angka Asam	Angka Asam = 2,56 - 0,0434 Hornblende + 0,00086 Augit + 0,00481 Hiperstin	94,8	0,289
Gula	Gula = 11,3 + 0,019 Hornblende - 0,0274 Augit + 0,0035 Hiperstin	53,7	0,794
Ketinggian < 1.000 m dpl			
Kadar juice	Juice = 20,3 + 3,09 Hornblende + 1,55 Augit + 0,45 Hiperstin	67,3	0,686
Kadar air	K.Air = 58,4 + 3,45 Hornblende + 1,48 Augit + 1,02 Hiperstin	94,3	0,301
Serat kasar	Serat Kasar = 5,26 - 0,46 Hornblende - 0,59 Augit + 0,119 Hiperstin	14,5	0,976
Total padatan terlarut	TPT = 24,1 - 1,48 Hornblende - 2,30 Augit + 0,328 Hiperstin	99,8	0,057
Angka Asam	Angka Asam = 0,22 + 1,07 Hornblende + 0,74 Augit + 0,064 Hiperstin	76,2	0,596
Gula	Gula = 17,3 - 0,626 Hornblende + 1,21 Augit - 1,70 Hiperstin	99,9	0,039*

Tabel 13. Hubungan antara Opak, Gelas Vulkanis, dan Labradorit dengan kualitas jeruk*Table 13. Relationship between Opaque, Volcanic Glass, and Labradorit with citrus quality*

Peubah kualitas	Model hubungan	R ² %	Nilai-p
Ketinggian > 1.000 m dpl			
Kadar juice	Juice = 79,4 + 0,968 Opak - 2,81 Gelas Vulkanis + 0,970 Labradorit	77,5	0,580
Kadar air	Kadar air = 101 + 0,414 Opak - 2,54 Gelas Vulkanis + 0,996 Labradorit	83,8	0,498
Serat kasar	Serat kasar = 2,30 + 0,0604 Opak - 0,146 Gelas Vulkanis + 0,0084 Labradorit	50,0	0,818
Total padatan terlarut	TPT = 12,0 - 0,282 Opak + 0,317 Gelas Vulkanis - 0,193 Labradorit	83,9	0,496
Angka asam	Angka asam = 2,80 - 0,000113 Opak - 0,0185 Gelas Vulkanis + 0,00572 Labradorit	99,8	0,048*
Gula	Gula = 11,2 - 0,0016 Opak - 0,033 Gelas Vulkanis + 0,0020 Labradorit	20,9	0,957
Ketinggian < 1.000 m dpl			
Kadar juice	Juice = 54,2 - 0,243 Opak + 0,91 Gelas Vulkanis + 0,270 Labradorit	64,0	0,715
Kadar air	Kadar air = 97,2 - 0,310 Opak + 1,78 Gelas Vulkanis + 0,734 Labradorit	89,2	0,410
Serat kasar	Serat kasar = 0,43 + 0,0298 Opak - 0,22 Gelas Vulkanis - 0,098 Labradorit	18,5	0,964
Total padatan terlarut	TPT = 10,3 + 0,0206 Opak + 0,522 Gelas Vulkanis - 0,592 Labradorit	99,8	0,049*
Angka asam	Angka asam = 11,7 - 0,0739 Opak + 0,223 Gelas Vulkanis + 0,128 Labradorit	73,9	0,621
Gula	Gula = 7,69 + 0,153 Opak - 1,67 Gelas Vulkanis - 0,827 Labradorit	97,1	0,216

Keterangan:

* = berbeda nyata pada taraf uji 95%

saat memasuki fase pematangan hingga mencapai 4 mm. Tidak berbeda jauh dengan jumlah dan distribusi hujan pada ketinggian lebih dari 1.000 m dpl, pada lokasi yang lebih rendah penurunan curah hujan juga terjadi pada saat memasuki periode generatif namun suhu relatif lebih tinggi sekitar 24 °C sampai 26 °C dan hampir selalu berfluktuasi saat memasuki fase pembungaan hingga fase

pematangan. Radiasi di wilayah ini lebih tinggi berkisar antara 450 kal cm⁻² pada fase pembungaan dan cenderung meningkat lebih tajam hingga 580 kal cm⁻² pada fase pembentukan buah tetapi menurun kembali pada saat pematangan sampai dengan 530 kal cm⁻². Evapotranspirasi lebih tinggi sebesar 3,8 mm dan terus meningkat sejak pembungaan hingga pembentukan buah sebesar 4,8 mm.

Menurut Sunarmani dan Soedibyo (1991), mutu jeruk meja ditentukan dari kandungan TSS atau total padatan terlarut minimal 10%, kandungan sari buah atau juice 50% dan rasio TSS/asam bernilai 20. Parameter untuk buah jeruk meja terdiri atas sifat kimia dan organoleptik. Parameter sifat kimia: kandungan sari atau juice, TSS atau total padatan terlarut, total asam, rasio TSS/asam, dan keasaman (pH), sedangkan parameter organoleptik adalah rasa dan kegemaran.

Secara keseluruhan jeruk keprok yang ditanam pada ketinggian tempat lebih dari 1.000 m dpl mempunyai kualitas yang lebih baik apabila dibandingkan dengan jeruk keprok yang ditanam pada ketinggian kurang dari 1.000 m dpl. Hal tersebut dapat dilihat berdasarkan uji laboratorium dan uji konsumen yang menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang nyata pada kadar juice, kadar air, dan angka asam (Tabel 14). Kadar juice dan kadar air lebih tinggi sedangkan angka asam lebih rendah sehingga rasanya lebih manis (Tabel 15).

Selain itu, kandungan serat kasar yang rendah menjadikan tekstur isi lebih lunak serta warna kematangan buah lebih tegas (Tabel 16). Kualitas jeruk tersebut erat kaitannya dengan kandungan bahan organik tanah yang lebih tinggi dan beberapa unsur hara makro terutama kandungan Ca tanah yang lebih tinggi. Unsur tersebut berperan aktif dalam peningkatan protein di dalam mitokondria yang membantu dalam proses respirasi aerobik sehingga berpengaruh terhadap penyerapan ion-ion dari dalam tanah. Pengaruh unsur mikro terutama Cu yang relatif lebih banyak pada ketinggian lebih dari 1.000 m dpl terlihat pada keragaan yang lebih hijau.

Selain itu, kebutuhan suhu yang rendah pada fase pembungaan terpenuhi serta kondisi suhu, radiasi dan evapotranspirasi pada fase pembentukan buah relatif tidak berfluktuasi sehingga stabilitas komponen iklim tersebut dapat membantu dalam pembentukan mutu internal jeruk keprok tersebut.

Tabel 14. Analisis T-test kualitas jeruk pada ketinggian tempat yang berbeda

Table 14. T-test analysis of citrus quality on different level

Peubah	Nilai-T	Nilai-p
Kadar juice	15,98	0,002 **
Kadar air	3,31	0,016*
Serat kasar	-1,04	0,359
Total padatan terlarut	0,17	0,873
Angka asam	-12,30	0,003**
Gula	-0,68	0,536

Keterangan:

* = berbeda nyata pada taraf uji 95%

** = sangat berbeda nyata pada taraf uji 95%

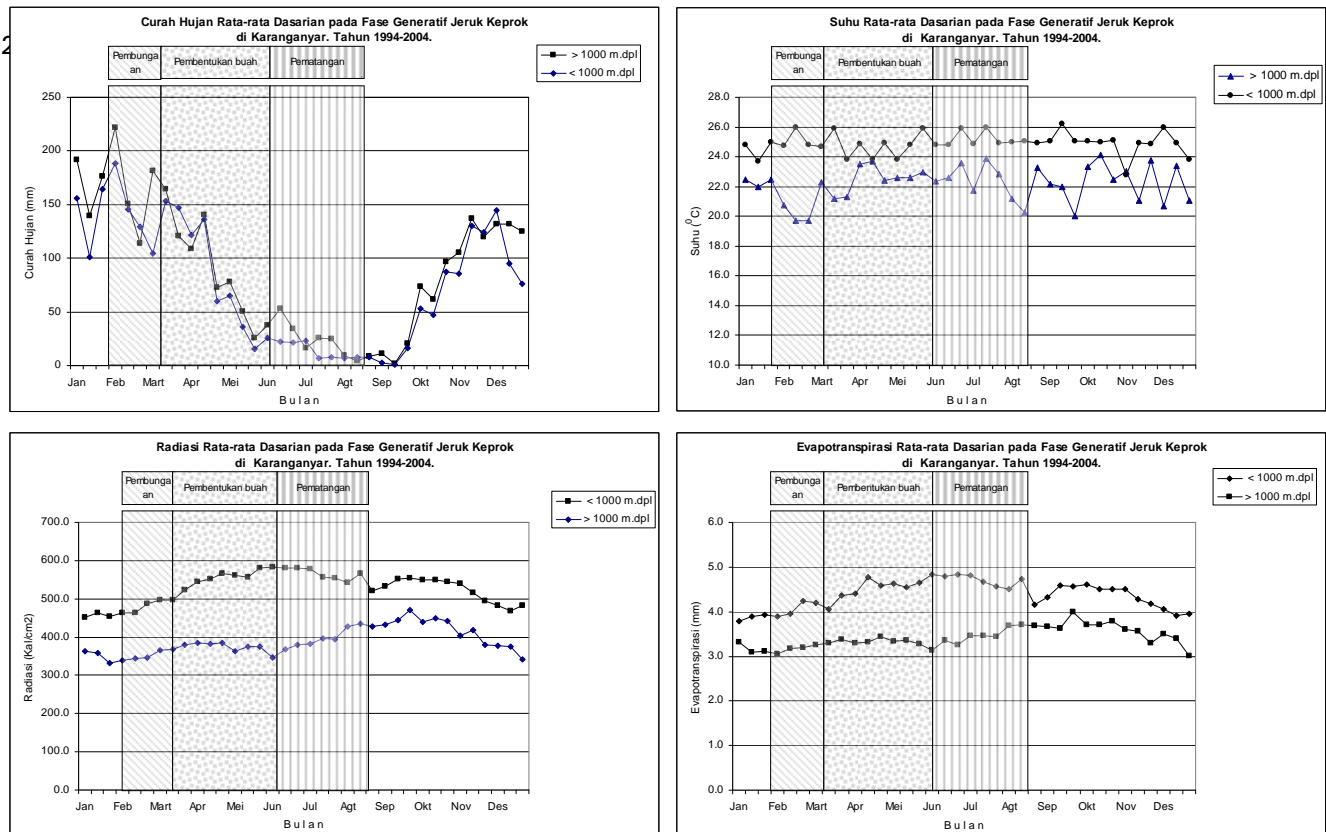
KESIMPULAN

1. Jeruk keprok Tawangmangu yang ditanam pada Tipe iklim B dengan sembilan bulan basah dan dua bulan kering serta curah hujan tahunan rata-rata 3.166 mm tahun⁻¹ pada ketinggian lebih dari 1.000 m dpl mempunyai rasa yang lebih enak dan lebih manis karena secara nyata mempunyai kandungan juice dan kadar air yang lebih tinggi dan angka asam yang lebih rendah bila dibandingkan dengan Tipe iklim C dengan delapan bulan basah dan tiga bulan kering dan curah hujan tahunan rata-rata 2.715 mm tahun⁻¹ pada ketinggian kurang dari 1.000 m dpl.

Tabel 15. Komposisi kimia jeruk keprok Tawangmangu pada ketinggian yang berbeda

Table 15. Chemical composition of Tawangmangu Citrus at different altitudes

No.	Jenis analisis	Kadar		Satuan	Metode
		> 1.000 m dpl	< 1.000 m dpl		
1.	Kadar juice	68,28	40,60	%	Gravimetri
2.	Kadar air	88,43	82,71	%	Gravimetri
3.	Serat kasar	1,27	1,59	%	Gravimetri
4.	Total padatan terlarut	10,6	10,5	%	Gravimetri
5.	Angka asam	2,66	7,75	mg ml ⁻¹	Titration
6.	Gula	10,81	11,43	% brix	Refraktrometri



Gambar 4. Variabilitas beberapa parameter iklim di Kabupaten Karanganyar

Figure 4. Variability of several climate parameters in Karanganyar District

Tabel 16. Hasil uji organoleptik jeruk Keprok Tawangmangu

Table 16. Result of organoleptic test of Tawangmangu citrus

No.	Jenis uji	Kriteria	Nilai	
			> 1.000 m dpl	< 1.000 m dpl
%				
1.	Rasa	Sangat manis	0	0
		Manis	90	75
		Agak masam	10	25
		Masam	0	0
		Sangat masam	0	0
2.	Tekstur isi	Keras	0	0
		Agak keras	0	0
		Lunak	100	90
		Sangat lunak	0	0
3.	Ketegasan warna/ kematangan	Tegas	80	70
		Agak tegas	20	30
		Tidak tegas	0	0
		Baur	0	0

2. Pada ketinggian lebih dari 1.000 m dpl total padatan terlarut dan angka asam nyata dipengaruhi oleh sebagian unsur makro, seperti: N, P, K, dan unsur mikro seperti Fe, B, dan Cu, serta beberapa unsur mineral pasir seperti Opak, Gelas Vulkanis dan Labradorit. Pada ketinggian kurang dari 1.000 m dpl total padatan terlarut nyata dipengaruhi oleh KTK, Al, Bahan Organik dan unsur mikro serta mineral Opak, Gelas Vulkanis, dan Labradorit. Angka asam nyata dipengaruhi oleh unsur-unsur makro sedangkan kandungan gula nyata dipengaruhi oleh ketersediaan Hornblende, Augit dan Hiperstin.
3. Pada ketinggian lebih dari 1.000 m dpl rata-rata radiasi surya meningkat sebesar 25% pada saat pematangan buah dengan Evapotranspirasi yang relatif konstan selama fase pembungaan dan pembentukan buah yaitu sekitar 3-4 mm. Sedangkan pada ketinggian kurang dari 1.000 m dpl terjadi fluktuasi suhu pada saat memasuki fase pembungaan dan berlangsung terus hingga fase pematangan (24-26°C). Pada saat fase pembentukan buah radiasi meningkat tajam dan menurun pada fase pematangan. Evapotranspirasi meningkat sejak fase pembungaan hingga fase pembentukan buah sekitar 3,8-4,8 mm.
4. Jeruk keprok Tawangmangu lebih baik ditanam pada ketinggian lebih dari 1.000 m dpl yang didominasi tanah Acrudoxin Hapludands dibandingkan dengan ketinggian kurang dari 1.000 m dpl yang didominasi tanah Typic Dystrudepts.
5. Untuk menghindari cekaman air, penanaman jeruk keprok pada ketinggian lebih dari 1.000 m dpl sebaiknya ditanam pada pertengahan Oktober, sedangkan pada ketinggian kurang dari 1.000 m dpl ditanam pada pertengahan bulan Desember.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami ucapkan kepada Dr. Supriyadi (UNS), Drs. Ganjar Jayanto (Balitklimat), Dr. Achmad Fauzi Isa (Balitanah), mahasiswa UNS, dan para teknisi Balitklimat serta tim lainnya yang telah memberikan masukan dan kontribusi dalam kelancaran penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbot J. 1999.** Quality measurements of fruit and vegetables. *Postharvest biology and technology* 15(3):207-225.
- Allen, R.G., L.S. Pereira., D. Raes, and M. Smith. 1998.** Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO paper No. 56. P 301.
- Balitklimat. 2002.** Software Crop Water Balance. Puslitbangtanak, Bogor.
- Bonea, D, V. Urechean, and C. Naidin. 1999.** The influence of climatic conditions upon the grain yield and the content of raw protein in the maize grain. Article-internet (<http://www.maizegdb.org/mnl/77/17bonea.html>).
- Bordeala, G., I. Myers-Smith, M. Midak, and A. Szeremeta. 2002.** Food quality: a comparison of organic and conventional fruits and vegetables. Article-internet (http://www.kursus.kvl.dk/shares/ea/03Projects/32gamle/_2002/FoodQualityFinal.pdf).
- CIRAD. 1995.** La validation du ETR/ETM sur le rendement du manioc au Cote d'ivoire. Bulletin CIRAD No 2. P 75.
- Doorenbos, J. and A.H. Kassam. 1979.** Yield Response to Water. FAO Irrigation and Drainage Paper. FAO of the United Nation. Rome. P 193.
- Døving, A., F. Måge, and E. Vangdal. 2004.** Prediction of plum yield in Ullensvang Norway. The 8th International Symposium on Plum and Prune Genetics, Breeding and Pomology. 5-9 September 2004. Lofthus Norway.

- FFTC. 2005.** Soil Managenent for Citrus Orchards.
- Knorr, D. and Vogtmann H. 1983.** Quality and quantity determination of ecologically grown foods. Pp. 352-381. *In* Knorr D. Sustainable Food Systems. AVI Publishing Co., Westport, Connecticut.
- Lee, S.K. and A.A. Kader. 2000.** Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology* 20(3):207-220.
- Mowat, A.D. 1992.** Persimmon Profile. Hort. Research Publication. Article-internet. <http://www.hortnet.co.nz/publications/science/pers5.htm>.
- Salunke, D.K. and B.B. Desai. 1998.** Effects of agricultural practices, handling, processing, and storage on vegetables. Pp. 23-72. *In* E. Karmas, R.S. Harris. *Nutritional Evaluation of Food Processing*. AVI, New York.
- Schmidth, F.H. and J.H. Ferguson. 1951.** Rainfall Types Based on Wet and Dry Period for Indonesia with Western New Guinea. Kementrian Perhubungan Djawatan Meteorologi dan Geofisika. *Verhandelingen* No. 42. Djakarta.
- Schewfelt, R.L. 1998.** What is quality? *Postharvest Biology and Technology*. 15(3):197-200.
- Soil Survey Staff. 1998.** Key to Soil Taxonomy. United States Departement of Agriculture Natural Resources Conservation Service. 8th Edition, 1998.
- Sunarmani dan Soedibyo. 1991.** Analisa mutu jeruk siem (*Citrus nobilis* Loum) segar dan olahannnya. Buku Hortikultura No 30. Pusat Penelitian Hortikultura Solok. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian
- Weston, L.A. and M.M. Barth. 1997.** Preharvest factors affecting postharvest quality of vegetables. *Hort Science*. 32(5-7):812-815.